

三线摆实验

陈启钰 2300011447

2024 年 4 月 13 日

1 传统实验方法简述

1.1 实验原理

如图1所示，其中悬盘 $O_1A_1B_1C_1$ 被三根等长的细线分别过等距离的三点 A_1 、 B_1 和 C_1 水平地悬挂于固定盘 $OABC$ 上等距的三点 A 、 B 和 C 。若悬盘的质心位于 O_1 点，可以证明，在保证 OO_1 轴竖直，且摆角振幅 θ_0 很小的条件下，悬盘会绕 OO_1 轴作近简谐的扭摆运动，其扭摆周期 T 满足

$$T^2 = \frac{4\pi^2 HI}{m_0 g R r} \quad (1)$$

从而转动惯量

$$I = \frac{m g R r}{4\pi^2 H} T^2 \quad (2)$$

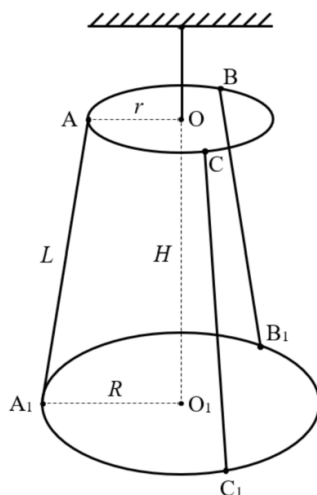


图 1: 三线摆示意图

式中 H 是三线摆处于平衡位置时固定盘下表面到悬盘上表面的距离； r 和 R 分别是 $OABC$ 和 $O_1A_1B_1C_1$ 的半径； I 是悬盘对 OO_1 轴的转动惯量； m_0 是悬盘的质量； g 是重力加速度。这里，除质心位置外，对悬盘的质量分布并未作任何限制。如果将待测物体固定在悬盘上，使整体的质心位置仍在 OO_1 连线上，式1中的 I 就应该是悬盘与待测物体对 OO_1 轴的转动惯量之和。

1.2 实验过程

测量仪器常数 测定仪器常数 l 、 R 、 r 和 m_0 。

悬盘的转动惯量 悬盘上不放置待测物体，使三线摆做扭转运动，测量得到周期 T_0 ，利用已知的三线摆参数计算出悬盘本身的转动惯量 I_0 。

测量物体的转动惯量 将待测物体固定到悬盘上，使整体做扭转运动，测量得到周期 T_1 ，计算得到悬盘和待测物体的总转动惯量 I_1 （注意式中质量应该代入总质量）。待测物体的转动惯量为 $I_1 - I_0$ 。

2 线性回归方法

在没有放置任何工件的时候，对于三线摆系统，在加上质量 m_i ，转动惯量 I_i 的工件的时候，有

$$T^2 = \frac{4\pi^2 H(I_0 + I_i)}{(m_0 + m_i + m)gRr} \quad (3)$$

式中 m 为配重的质量，需保证 $m_0 + m_i + m = M$ 是一个常数（ m 可变），此时即有

$$T^2 = \frac{4\pi^2 H}{MgRr} I_i + \frac{4\pi^2 H}{MgRr} I_0 \quad (4)$$

对 $T^2 - I_i$ 进行线性拟合，得到

$$T^2 = KI_i + B, K = \frac{4\pi^2 H}{MgRr}, B = \frac{4\pi^2 H}{MgRr} I_0 \quad (5)$$

从而 I_0 可以计算得到

$$I_0 = B/K \quad (6)$$

从而得到悬盘的转动惯量，同理也可以得到待测工件的转动惯量。

3 实验开始的调节的状态

三线摆底座调至水平状态。

调节悬盘、垫盘和底座平行。

三根悬线长度相同且绳上张力相同。

光电门位于挡光片平衡位置附近。

4 注意的要点

三线摆底座、悬盘、垫盘保持水平。

摆线长度不能过短否则不满足小角度近似。

对于测量周期数的选取，要满足误差等量分配原则。

系统的质心需要始终保持在悬点正下方。

释放三线摆时可以通过扭转的方式以减小摆动对实验造成的影响。

5 相比传统方法的优点

可以忽略小角度近似不满足、系统摆动、质量改变等条件对实验造成的影响。

采用测量多组数据进行线性拟合的方式，与原来只测量两个周期相比可以减小实验测量误差。